

ТАСВИР СИФАТИНИ БАҲОЛАШ КЎРСАТКИЧЛАРИ

Маматов Нарзулло Солидждонови¹, Жалелова Малика Моятдин кизи², Жумаев Бобур Жума ўгли³

¹“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети

²Бердақ номидаги Қорақалпоқ давлат университети,

³“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети

E-mail: jbobur707@gmail.com

KEYWORDS

тасвир сифати, пиксел, эталон, шовқин, кўрсаткич, қайта ишлаш, халақит, нейрон тармоқ, фазовий ва частотали соҳа, алгоритм

ABSTRACT

Тасвирлаш соҳасидаги ютуқлар тез суръатлар билан давом этмоқда ва бозорга янги ҳамда илғор маҳсулотлар доимий равишда кириб келмоқда. Янги технологиялар жорий технологияга нисбатан юқори сифатли тасвирларни ишлаб чиқаришини текшириш учун сифатни баҳолашнинг самарали бир тури талаб этилади. Бу ўз навбатида, тасвир сифатини баҳолаш кўрсаткичларини кенг қамровли таҳлил қилиш ҳамда уларни ҳар бири бўйича маълумотларни битта жойга йиғишни долзарб масалага айлантиради. Шунинг учун, мазкур ишда тасвир сифатини баҳолаш кўрсаткичларини тарихи ва тавсифи, уларни таснифланиши ҳақида маълумотлар келтирилган. Шунингдек, соҳа бўйича мавжуд адабиётлар таҳлили, тасвир сифатини баҳолаш кўрсаткичларини ютуқ ҳамда камчиликлари келтирилган. Мазкур тадқиқот ишини мақсади сифатни баҳолаш кўрсаткичларини алоҳида гуруҳларга ажратиш ҳамда уларни субъектив идрок билан мос келишини баҳолашдан иборат. Бундай таснифлаш маълум бир муаммо ёки бузилиш учун энг мос келадиган сифатни баҳолаш кўрсаткичини танлашда фойдали бўлиши мумкин.

Кириш

Сўнгги бир неча ўн йилликлар тасвирлаш технологияларини, жумладан, рақамли телевидение, видео кузатув хавфсизлик тизимлари, Интернет орқали видеоконференция, эски видео тасмаларни рақамлаштириш ва тиклаш, шикастланган видео файлларни тиклаш, тасвирдаги шовқинларни бартараф этиш, паст ёрқинликга эга тасвирларни ёритиш ва ҳоказолардан фойдаланишни кескин ўсиши билан тавсифланади [1]. Тасвирларни қайта ишлаш соҳасида катта ютуқларга эришилган бўлсада, бир қатор ҳал этилмаган муаммолар мавжуд бўлиб, улардан бири тасвир сифатини адекват баҳолаш муаммосидир [2]. Чунки, тасвирга олиш қурилмалари сони ва хилма-хиллиги, шунингдек, ахборот технологияларидан фойдаланадиган инсон фаолияти соҳаларининг

кенгайиши ҳамда рақамли тасвирлар тақдимотида қўйиладиган талаблар қайд этилган тасвирлар сифатини баҳолаш заруратини оширади [3]. Шунинг учун мазкур ишда тасвир сифатини баҳолаш кўрсаткичларини тадқиқ қилиш мақсад қилинган.

Тасвир сифати тушунчаси

Мазкур ишда тасвир сифати деганда нима тушуниш кераклиги ҳақида баъзи фаразлар келтирилади. Чунки, тасвир сифати субъектив тушунча бўлиб, у маълум бир синфнинг амалий муаммоларини ҳал қилиш учун маълум бир тасвирни мослиги нуқтаи назаридан кўриб чиқилиши мумкин [4]. Яъни, тасвир сифати қўйилган масала моҳиятига боғлиқ бўлганлиги учун унга аниқ таъриф бериш мураккабдир. Бироқ, ишда тасвир

сифатига қуйидагича таъриф бериш жоиз деб топилган.

1-таъриф. Тасвир сифати - бу кузатувчи онгида тасвир мукамаллигининг умумий даражаси билан боғлиқ субъектив тасавурларни яхлит мажмуидир.

Тасвир сифатига таъсир этувчи омиллар

Тасвир сифати кўплаб параметрлар билан белгиланади, жумладан, аниқлик, контраст, шовқин даражаси [5], рангларни кўриниши ва тафсилотларни равшанлиги кабилар. Шунингдек, кўплаб адабиётларда рақамли тасвир сифатига салбий таъсир кўрсатиши мумкин бўлган омиллар сифатида қуйидагилар келтирилган:

– тасвирга олиш ускуналарини созлаш аниқлиги ва тўғрилиги. Масалан, созламаларни нотўғри амалга ошириш тасвирда ҳираликни келиб чиқишига ёки ўта қоронғи (ёрқин) тасвир олинишига сабабчи бўлади. Рентгенологлар фикрига кўра, компьютер томографи тасвир сифатидаги оғишларни аниқлаш учун йилига камида бир марта иш вақтида диагностик калибрлашдан ўтиши зарур [6];

– тасвирга олиш ускуналари характеристикалари, масалан, линзалар аниқлиги, оптик тизимлар абберацияси;

– маълумотларни узатиш каналлари. Масалан, узатиш вақтида маълумотлар йўқолиши (тасвирлардаги қора ёки кулранг чизиқлар, этишмаётган тасвир чизиқлари), ёзиш каналларидаги шовқин ёки узатиш учун маълумотларни ўта кўп сиқилиши тасвирни муҳим тафсилотларини йўқотишига, шунингдек нотўғри контурлар пайдо бўлиши каби бузилишларга олиб келиши мумкин [7];

– компьютерда тасвирни қайта ишлаш натижаси [8, 9].

Юқоридаги омиллар сабабли юзага келадиган бузилиш даражаси турли тасвирлар учун фарқ қилади, шунинг учун қайси омил асосий рол ўйнашини аниқлаш мураккаб. Бирок, барча мумкин бўлган бузилишларни

ҳисобга оладиган тасвир сифатини баҳолаш усулларини ишлаб чиқиш орқали бу муаммони ҳал этиш мумкин.

Бугунги кунда тасвир сифатини баҳолаш тасвирларни қайта ишлашнинг автоматлаштирилган тизимларини лойиҳалаш ва баҳолашда асосий рол ўйнайди. Хусусан, тасвирни баҳолаш усуллари тасвирни сақлашда зарур бўлган битлар сонини минималлаштиришга ҳаракат қиладиган турли хил тасвирни сиқиш алгоритмлари ишлашини тизимли равишда баҳолаш учун фойдаланилмоқда. Тасвир сифатини баҳолаш тасвирларни қайта ишлашдаги мураккаб масала бўлиб, у берилган тасвирда халақитлар мавжудлигини ва уларни миқдорини аниқлашга ҳаракат қилади. Халақитлар тасвирларни қайта ишлаш жараёнларида, жумладан тасвирга олиш, сиқиш, узатиш ва бошқа жараёнларни муқаррар қисми ҳисобланади.

Тасвирларни инсон томонидан идрок этилган визуал сифатини баҳолашни ягона “тўғри” усули бу инсон томонидан баҳолаш бўлиб, тасвирларни қайта ишлаш соҳасида ушбу субъектив баҳога энг яқин бўлган баҳолашни автоматлаштирилган усулларига эҳтиёж мавжуд. Чунки, субъектив баҳо қиммат, кўп вақт сарфлайди этади ҳамда реал вақт талабларига жавоб бермайди. Бу ўз навбатида, мавжуд тадқиқот ишларини ўрганишни ҳамда тасвир сифатини баҳолаш кўрсаткичларини ривожланиш тарихини ёритишни талаб этади.

Тасвир сифатини баҳолаш кўрсаткичларини таснифланиши

Тасвир сифатини баҳолаш кўрсаткичлари турли ёндашувларга асосланганлиги сабабли уларни турли гуруҳларга ажратиш мумкин. Ушбу гуруҳлар одатда кўрсаткичларни турли жиҳатларини, масалан, улардан фойдаланишни ёки қурилишини акс эттиради. Одатда, тасвир сифатини баҳолаш кўрсаткичларини субъектив ва объектив кўрсаткичларга ажратиш кенг қўлланилади. Субъектив баҳолаш гарчи анча машаққатли ва қиммат бўлса ҳам тасвир сифатини баҳолашнинг энг самарали ва ишончли усули сифатида эътироф этилади. Чунки, бунда баҳолаш инсон томонидан

амалга оширилади. Иккинчи турдаги гуруҳ усуллари, яъни объектив баҳолаш кўрсаткичларида эса компьютер алгоритмларидан фойдаланилади. Ушбу кўрсаткичлар орқали рақамли тасвирлар сифатини автоматик баҳолашни амалга ошириш мумкин. Шунингдек, улар қуйидаги афзалликларга ҳам эгадир:

- инсон эксперти томонидан визуал баҳолашга сарфланган вақтни қисқартириш;

- маълумотларни сақлашда тежамкор бўлиш. Чунки, паст сифатли рақамли тасвирларни сақлашни ҳожати йўқ. Масалан, масофадан зондлаш сунъий йўлдошидан олинган битта тасвир 2 Гб дан кўп жойни эгаллаши мумкин;

- автоматлаштирилган тизимлар аниқлигини ошириш.

Ҳозирги кунда кўплаб тадқиқотчилар сифатни баҳолашни янги, шунингдек мавжуд объектив кўрсаткичларини тадқиқ қилиш ва ўзгартириш билан шуғулланмоқдалар. Тасвирлар сифатини баҳолаш бўйича мавжуд адабиётларни кўпчилигида объектив кўрсаткичларни ўзи эталон тасвирни мавжудлигига кўра FR, NR ва RR каби гуруҳларга таснифланган. Уларни ҳар бири бўйича маълумотлар қуйида келтирилган:

- FR (Full Reference). Мавжуд ёндашувларни аксарияти эталон тасвирга асосланган бўлиб, бу қайта ишланган тасвирни эталон (бузилмаган, тоза) тасвир билан таққослаш имконини беради. FR (эталонли) кўрсаткични ишлаш тамойили қуйидаги расмда келтирилган.



1-расм. FR кўрсаткичи структураси

Эталон тасвир мукамал сифатга эга тасвир сифатида қабул қилинади [30]. Шунингдек, FR синф кўрсаткичлари бошқа синф кўрсаткичларидан қуйидаги баъзи устун жиҳатлари билан ажралиб туради:

- FR кўрсаткичлари қийматлари эксперт баҳосига энг яқин;

- тасвирларни сиқиш ва филтрлаш каби вазифаларни ҳал этишда алгоритмларни таққослаш учун кенг қўлланилишга эга;

- адабиётларда таклиф қилинган ва таснифланган кўрсаткичларни кўпчилиги ушбу синфга тегишли.

Қуйидаги жадвалда FR кўрсаткичларидан баъзилари ҳақида, яъни кўрсаткич номларини ёйилмаси ва адабиётлардаги ҳаволалари ҳақидаги маълумотлар келтирилган.

1-жадвал

FR кўрсаткичлари	
Кўрсаткич номи	Ёйилмаси ҳамда адабиёт ҳаволаси
CW-SSIM	Complex wavelet - йўналтирилган комплекс тўлқинли трансформациядан фойдаланган ҳолда SSIM кўрсаткичинини кенгайтирилган версияси
ESSIM	Edge strength - тасвирни қирра пикселларининг ўхшашлиги асосида
FSIM	Feature similarity index - тасвирларни паст даражадаги белгилари таҳлили асосида

IFC	Information fidelity criterion – ахборот аниқлиги мезони
IQA-HPC	Hybrid phase congruency IQA - гибрид фаза мувофиқлиги
MAD	Most apparent distortion - энг сезиларли бузилиш коэффиценти
MLIQM	Machine learning image quality measure
MP_Q	Matching pursuit based metric
MS-SSIM	Multiscale SSIM – кўп масштабни структуравий ўхшашлик коэффиценти
SSIM	Structural similarity index – структуравий ўхшашлик коэффиценти
SVD	Singular value decomposition – ягона қиймат декомпозициясига асосланган кўрсаткич
UQI	Universal image quality index - универсал тасвир сифати индекси
VGS	Visual gradient similarity - визуал градиент ўхшашлиги
VIF	Visual information fidelity - визуал маълумотларга содиқлик
VSNR	Visual signal-to-noise ratio Визуал сигнал-шовқин нисбати - визуал сигнал (шовқин) нисбати

Шунингдек, қуйидаги жадвалда FR ҳамда синовларда фойдаланилган кўрсаткичларини рангли ёки кулранг маълумотлар базалари ҳақида маълумотлар тасвирлар учун мослиги, ишлаб чиқилган йили берилган.

2-жадвал

FR кўрсаткичларини кулранг ёки рангли тасвирларга мос келиши, ишлаб чиқилган йили ҳамда фойдаланган маълумотлар базаси ҳақида маълумотлар

FR кўрсаткичи	Йил	Фойдаланилган тасвирлар маълумотлар базаси
Кулранг тасвирлар учун		
SNR	-	-
PSNR	-	-
NQM	2000	Barbara, Boats, Lena, Mandrill, Peppers images and their distorted versions
WSNR		Barbara, Boats, Lena, Mandrill, Peppers images and their distorted versions
UQI	2002	Lena image and its distorted versions
MSSSIM	2003	Earlier version of LIVE R2
SSIM	2004	Earlier version of LIVE R2
IFC	2005	LIVE R2
VIF_P		Faster version of VIF, not tested in original paper [49]
PSNR_HVS	2006	Barbara, Lena images and their distorted versions
VIF		LIVE R2
PSNR_HVSM	2007	Test set composed of 19 images
VSNR		LIVE R2
WSSI		LIVE R2
DWT_VIF	2010	LIVE R2
MAD		CSIQ, LIVE R2, MICT, TID2008
RFSIM		TID2008
ADM	2011	CSIQ, IVC, LIVE R2, MICT, TID2008
FSIM		A57, CSIQ, IVC, LIVE R2, MICT, TID2008
IW_PSNR		A57, CSIQ, IVC, LIVE R2, MICT, TID2008

IWSSIM		A57, CSIQ,IVC,LIVE R2,MICT,TID2008
PSNR_HA		TID2008
GSIM	2012	A57, CSIQ,IVC,LIVE R2,MICT,TID2008
SRSIM		CSIQ, LIVE R2, TID2008
AD DWT	2013	IVC, LIVE R2, TID2008
ESSIM		A57, CSIQ,IVC,LIVE R2,MICT,TID2008
PSNR_DWT, SSIM_DWT, VIF_DWT		IVC,LIVE R2, TID2008
GMSD	2014	CSIQ, LIVE R2, TID2008
DSS	2015	CSIQ, LIVE R2, TID2008
MCSD	2016	A57, CSIQ,IVC,LIVE R2,MICT,TID2008
DVICOM DVICOM_F	2018	CSIQ, LIVE R2, TID2008
Рангли тасвирлар учун		
CID_MS	2013	TID 2008, Images from six Gamut Mapping Datasets
FSIMC	2011	CSIQ,IVC,LIVE R2,MICT,TID2008
PSNR_HAc		TID 2008
QASD	2016	CSIQ,IVC,LIVE R2,MICT,TID2008
SFF	2013	CSIQ,IVC,LIVE R2,MICT,TID2008
VSI	2014	CSIQ, ,LIVE R2, TID2008, TID2013

Тасвир сифатини баҳолашни кўплаб FR кўрсаткичлари мавжуд эканлигини юқоридаги жадвалдан кўриш мумкин. Улар содда классик кўрсаткичлардан тортиб, статистик таҳлил ва машинали ўқитиш алгоритмларига асосланган мураккаброқ моделларгача бўлади, бу эса баҳолашни муайян вазифаларига мослаштириш имконини беради. Жумладан,

сифатни қайси жиҳатини баҳолаш кераклигига кўра, яъни эталонга ўхшашлик, тасвир тузилишидаги ўзгариш ёки инсонни кўриш тизимини симуляция қилиш каби вазифаларига мос кўрсаткичлар танланиши мумкин. Уларни асосий ёндашувлари бўйича гурухланиши куйидаги жадвалда келтирилган.

3-жадвал

FR кўрсаткичларини таснифланиши

Сифатни баҳолаш ғояси	Мос кўрсаткичлар
Эталон тасвир билан таққослашни классик кўрсаткичлари	Корреляция, MSE, PSNR
Эталон тасвирни локал тузилишидаги ўзгаришларни баҳолаш	UQI, SSIM, MS-SSIM, CW-SSIM, FSIM, ESSIM, IQA-HP, MP_Q, VGS
Тасвирни статистик хусусиятларидаги ўзгаришларни баҳолаш	IFC, VIF, SVD, MLIQM
Инсонни кўриш тизимини симуляция қилиш	VSNR, MAD
Машинали ўқитишга асосланган баҳолаш	GTI-CNN, DeepIQA, PieAPP, LPIPS, DISTIS

Умуман олганда, адабиётларни таҳлил қилиш натижасида бугунги кунда MSE, PSNR, MSAD, VQM, SSIM, MSSIM, VSNR, CWSSIM каби FR кўрсаткичлари амалда кенг қўлланилишга эга эканлиги маълум бўлди.

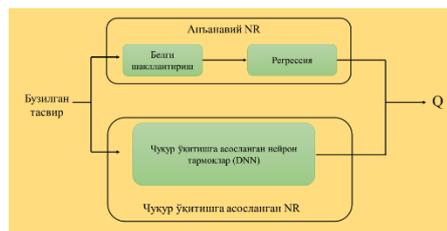
Шунингдек, улар орасида CWSSIM кўрсаткичи эксперт баҳосига энг яқин натижаларни кўрсатиши бир қатор тадқиқот ишларида келтирилган [10,11].

– NR (Non-Full Reference). Амалий масалаларни ечишда эталон тасвири ҳар доим ҳам мавжуд бўла бермайди ёки уни олиш ўта қимматга тушиши мумкин. NR ҳеч қандай эталон тасвири талаб этмайдиган кўрсаткичлар ҳисобланиб, уларни тасвирларга ишлов беришни кўплаб иловаларида қўллаш мумкин. Бироқ, бу кўрсаткичлар FR га нисбатан аниқлиги бўйича пастроқ натижани кўрсатади.

NR кўрсаткичлари тасвир сифатини фақат тасвири ўзига хос белгиларига асосланган ҳолда таҳлил қилади, бу айниқса эталон тасвир мавжуд бўлмаган реал вақт иловаларида қўллаш аҳамиятини оширади. Ҳозирги кунда NR кўрсаткичларини анъанавий ҳамда чуқур ўқитишга асосланган турлари мавжуд бўлиб, анъанавий кўрсаткичлар бузилишларни тавсифловчи олдиндан белгиланган статистик ва математик моделларга таянган бўлади. Улар шовқин, аниқлик, текстура ва статистик характеристикалар каби турли хил тасвир параметрларини таҳлил қилади. Шунингдек, уларга тасвир пиксел интенсивлиги тақсимоти, градиент ва частота характеристикалари таҳлили ҳам киради. Табиий тасвирлар статистикасига асосланган кўрсаткичлар (Natural Scene Statistics, NSS) анъанавий NR

баҳолаш учун классик ҳисобланади, чунки улар табиий саҳналарни нормал тақсимот характеристикасидан тасвир оғишларини ўлчашда фойдаланади.

Чуқур ўқитишга асосланган NR баҳолаш кўрсаткичлари турли даражадаги бузилишларга эга бўлган катта тасвирлар базаларида ўқитилган нейрон тармоқлардан фойдаланади. Қуйидаги расмда тасвир сифатини баҳолашни анъанавий ҳамда чуқур ўқитишга асосланган NR кўрсаткичи тасвирланган.



2-расм. Анъанавий ҳамда чуқур ўқитишга асосланган NR кўрсаткичи структураси

Шунингдек, NR кўрсаткичларини рангли ёки кулранг тасвирлар учун мослиги, анъанавий ёки нейрон тармоқларга асосланганлиги, ишлаб чиқилган йили ҳамда тажрибалардаги маълумотлар базалари ҳақида маълумотлар қуйидаги жадвалда берилган.

4-жадвал

NR кўрсаткичларини кулранг ёки рангли тасвирларга мос келиши, ишлаб чиқилган йили ҳамда фойдаланган маълумотлар базаси ҳақида маълумотлар

NR кўрсаткичи	Йил	Анъанавий ёки нейрон тармоқларга асосланган	Фойдаланилган тасвирлар маълумотлар базаси
Кулранг тасвирлар учун			
BIQI	2010	анъанавий	LIVE R2
BRISQUE	2012		LIVE R2, TID 2008
CORNIA			LIVE R2, TID 2008
NIQE	2013		LIVE R2
QAC			CSIQ, LIVE R2, TID2008
LPSI	2015		LIVE R2, TID 2008
NRSL	2016		CSIQ, LIVE R2, TID2013
GWHGLBP			-
HOSA			CSIQ, LIVE R2, MICT, TID2013
dipIQ	2017		НН
Рангли тасвирлар учун			
SISBLIM	2014	анъанавий	CSIQ, IVC, LIVE R2, MICT, TID2008
ILNIQE	2015	НН	CSIQ, LIVE R2, TID2013

MEON	2018	NH	CSIQ, LIVE R2, TID2013
WaDIQaM-NR			CSIQ, LIVE R2, TID2013

Тасвир сифатини эталонсиз баҳолаш учун фазовий ва частотали соҳаларда ишлов беришни бирлаштирилган ёндашувлари ҳам мавжуд, масалан, DESIQUE кўрсаткичи.

Шунга асосланган ҳолда, NR кўрсаткичларини фазовий ҳамда частотали соҳаларга тегишлилигига кўра қуйидагича таснифланишини келтириш мумкин.

5-жадвал

NR кўрсаткичларини фазовий ҳамда частотали соҳаларга тегишлилигига кўра таснифланиши

Домен	Усуллар	Тавсиф
Анъанавий усуллар		
Фазовий соҳада	BEGH, EBCM, FUS, GRAE, GRAS, GRAT, PSIS, TENG, SHAR	Градиент таҳлиliga асосланган
	SING, SVDB	Ёркинлик матрицаси сингуляр қийматлари таҳлиliga асосланган
	ACMO, CHAN, CPBD, GLLV, GLVA, HISE, KURT, LOEN	Ёркинликни статистик тавсифларини таҳлил қилишга асосланган
	BREN, CONT, GORD	Пиксел ёркинлиги қийматларини таҳлил қилишга асосланган
	BRISQUE, NIQE	NSS маълумотларини таҳлил қилишга асосланган
	PIQE	Локал статистика ва бўсагага асосланган
	BIQI	Бузилиш турларини таснифлаш учун олдиндан тайёрланган моделларга асосланган
	SISBLIM	Ягона ёки кўплаб халақитларга эга тасвирларни баҳолаш учун инсонни визуал идрокни моделлаштиришга асосланган
	CORNIA	Тасвир локал белгиларини кодлашга асосланган
	QAC	Белгиларни кластерлашга асосланган
	LPSI	Локал фазали силжиш ҳамда уларни фарқларига асосланган
NRSL	Ўқитувчили ўқитишга асосланган	
GWHGLBP	LBP гистограммаси орқали тасвир текстурасини баҳолаш	
Частотали соҳада	BISH, FISH, WAVR, WAVS	Тўлқинли трансформацияга асосланган
	FFT, FTFM, FTMM, FTMV	Фуре ва тезкор Фуре алмаштиришга асосланган
	DCTE, DCTM, DCTR, BLINDS-II, DIIVINE	Дискрет косинус трансформацияга асосланган
	HOSA	Юқори тартибли спектрал таҳлиliga асосланган
Чуқур ўқитишга асосланган усуллар		
Фазовий соҳада	dipIQ	Дифференциал функцияларга асосланган
	ILNIQE	Тасвирни локал ва глобал белгиларига асосланган
	MEON	CNN га асосланган

Частотали соҳада	WaDIQaM-NR	Ярим этикетли маълумотларни ўқитишга асосланган
-------------------------	------------	---

Эталонсиз баҳолаш кўрсаткичларини аксарияти ҳар бир пиксел яқинидаги локал балларни, сўнгра якуний балл сифатида уларни арифметик ўртачасини ҳисоблаб чиқишга асосланган. Бундай кўрсаткичларга BREN, CHAN, CONT, CURV, DCTE, FFT, GABA, GDER, GLLV, GRAE, GRAT, GRAS, HELM, LAPD, LAPE, LAPM, LAPV, SFIL, SFRQ, TENG, TENV, VOLA, WAVS кабилар киради. Бундан ташқари, тасвирни статистик хусусиятларига асосланган глобал баҳолаш кўрсаткичлари ҳам мавжуд бўлиб, уларга ACMO, CRET, GLVA, GLVN, HISE, HISR, KURT, SING, WAVV, WAVR кабилар киради.

ёрдам бериш учун мўлжалланган. RR кўрсаткичини ишлаш тамойили қуйидаги расмда келтирилган.



3-расм. RR кўрсаткичи структураси

– RR (Reduced-Reference). Мазкур гуруҳ кўрсаткичлари эталон тасвири тўлиқ мавжуд бўлмаганда, эталон тасвирни фақат қўлда олинган белгиларидан фойдаланган ҳолда бузилган тасвирлар сифатини баҳолашга

Шунингдек, RR кўрсаткичларини рангли ёки кулранг тасвирлар учун мослиги, тавсифи ҳамда ишлаб чиқилган йили, тажрибалардаги маълумотлар базалари ҳақида маълумотлар қуйидаги жадвалда берилган.

6-жадвал

RR кўрсаткичларини кулранг ёки рангли тасвирларга мос келиши, ишлаб чиқилган йили ҳамда фойдаланган маълумотлар базаси ҳақида маълумотлар

RR кўрсаткичи	Йил	Тавсиф	Фойдаланилган тасвирлар маълумотлар базаси
Кулранг тасвирлар учун			
RR-DCT	2011	Дискрет косинус трансформацияга асосланган	LIVE R2
RR-SSIM	2012	SSIM га асосланган	CSIQ, LIVE R2, IVC, Cornell-A57, Toyama-MICT, TID2008
SDM	2013	Тасвирларни структуравий деградациясига асосланган	LIVE R2
Рангли тасвирлар учун			
OSVP	2016	Инсонни кўриш тизимида (HVS) жойлашган ориентация селективлиги (OS) механизмидан фойдаланадишга асосланган	CSIQ, LIVE R2, IVC, Toyama-MICT, TID2013
RIQMC		Контрастдаги ўзгаришларни ҳисобга олиш учун махсус ишлаб чиқилган бўлиб, у тасвир гистограммаси статистикасидан фойдаланишга асосланган	CSIQ, TID2008, TID2013, CCID2014

Тасвир сифатини баҳолаш кўрсаткичларини яна бир мумкин бўлган таснифи [12] ишда келтирилган бўлиб, унда фойдаланадиган маълумотлар асосида кўрсаткичлар олтига гуруҳга ажратилган:

- тасвирдаги пикселлар фаркига асосланган кўрсаткичлар;
- корреляцияга асосланган кўрсаткичлар;
- қиррага асосланган кўрсаткичлар;
- спектрал масофага асосланган кўрсаткичлар;
- кўп ўлчовли контекст эҳтимолининг турли функцияларига асосланган кўрсаткичлар;
- HVS-га асосланган кўрсаткичлар.

FR кўрсаткичларини математик, HVSга асосланган ва бошқа ёндашувларга асосланган кўрсаткичлар каби таснифлаш [13] ишда келтирилган. Юқоридагилардан маълум бўлдики, тасвир сифатини баҳолаш кўрсаткичларини таснифлашни турли усуллари мавжуд.

Хулоса

Мазкур тадқиқот ишида тасвир сифатини баҳолаш кўрсаткичлари таҳлил қилинди. Бунда дастлаб, тасвир сифати тушунчаси ҳамда унга таъсир этувчи омиллар ҳақида маълумотлар келтирилди. Тасвир сифатини бузиш омиллари сифатида тасвирга олиш қурилмаларини носозлиги, тасвирларни қайта ишлашдаги таъсирлар, оптик аберацияларни келтириб ўтиш мумкин. Шунингдек, тасвир сифатини баҳолаш кўрсаткичларини келиб чиқиш тарихи ва ривожини ҳақида, уларни турли таснифлашни бўйича адабиётлар таҳлил қилинди. Умуман олганда, мазкур тадқиқот ишида тасвирлар сифатини баҳолаш кўрсаткичлари таснифларини тадқиқ этиш натижасида қуйидаги хулосалар шаклланди:

– Кўплаб адабиётларда кўрсаткичлар субъектив ҳамда объектив турларга ажралиши эътироф этилди. Субъектив усуллар энг ишончли усуллар бўлсада, улар вақт сарфи бўйича талабларга жавоб бермайди;

– Объектив кўрсаткичларни субъективдан устун жиҳатлари санаб ўтилди ҳамда шунга кўра реал вақт иловаларида уларни қўллаш қулай эканлиги таъкидланди;

– Объектив кўрсаткичлар эталон тасвири мавжудлигига кўра FR, NR ва RR каби гуруҳларга ажратилган ҳолда тадқиқ этилди. Улар орасида FR кўрсаткичларини аниқлиги юқори эканлиги аниқланди. Айниқса, PSNR ва MSE каби кўрсаткичларни тасвирлар сифатини баҳолашда, алгоритмларни таққослашда кенг қўлланилишга эга эканлиги аниқланди;

– NR кўрсаткичлари киритилган тасвирни эталон тасвирисиз баҳолашга асослангани учун тасвирларга ишлов бериш жараёнини автоматлаштиришда қулай эканлиги аниқланди;

– RR кўрсаткичларини такомиллаштириш ҳамда янгиларини ишлаб чиқиш бўйича тадқиқотишларини сони етарли даражада эмаслиги аниқланди. Бу тасвир сифатини баҳолашни RR кўрсаткичларини янада ривожлантириш зарурлигини кўрсатади.

Умуман олганда, мазкур тадқиқот иши маълум бир муаммо ёки бузилиш тури учун энг мос келадиган сифатни баҳолаш кўрсаткичини танлашда фойдали бўлиши мумкин.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Сидоров, Д. В., Осокин, А. Н., & Марков, Н. Г. (2009). Оценка качества изображений с использованием вейвлетов. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 315 (5).
2. Wang Z., Bovik A.C. Modern image quality assessment. – N.Y.: Morgan & Claypool, 2006. – 157 p
3. Mamatov, N., Dadaxanov, M., Jalelova, M., & Samijonov, B. (2024, May). X-ray image contrast estimation and enhancement algorithms. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3147, No. 1). AIP Publishing.
4. Dr. Vivek Sharma, Hariom C. Agnihotri, Chetan H. Patil. A Study on Various Image Quality Assessment Measures. International Journal of Research in Advent Technology, Vol.2, No.3, March 2014. E-ISSN: 2321-9637. Pp.-345-350.
5. Mamatov, N. S., Jalelova, M. M., Tojiboyeva, S. X., & Samijonov, B. N.

- (2023). Methods for Reducing Mixed Noise in an Image. *Methods*, 10(12).
6. Сердобинцев, Е. В. Артефакты и искажения при конусно-лучевой компьютерной томографии [Электронный ресурс] / Е. В. Сердобинцев. – Режим доступа: <https://dentalxray.university/a2>.
 7. Mamatov, N. S., Jalelova, M. M., Samijonov, A. N., & Samijonov, B. N. (2025). A method for removing mixed noise in images. In *Artificial Intelligence and Information Technologies* (pp. 489-495). CRC Press.
 8. Mamatov, N., Niyozmatova, N., Jalelova, M., Samijonov, A., & Tojiboyeva, S. (2024, May). Methods for increasing the contrast of drone agricultural images. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3147, No. 1). AIP Publishing.
 9. Mamatov, N. S., Niyozmatova, N. A., Jalelova, M. M., Samijonov, A. N., & Tojiboyeva, S. X. (2023). Methods for improving contrast of agricultural images. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 401, p. 04020). EDP Sciences.
 10. Wang Z., Bovik A.C. *Modern image quality assessment*. – N.Y.: Morgan & Claypool, 2006. – 157 p
 11. Wang Z., Simoncelli E.P. Translation insensitive image similarity in complex wavelet domain // *IEEE Inter. Conf. Acoustic, Speech and Signal Processing*. – Philadelphia, 2005. – V. 2. – P. 673–676.
 12. M. Kud˘elka Jr. *Image Quality Assessment*. WDS'12 Proceedings of Contributed Papers, Part I, 94–99, 2012.
 13. K. -H. Thung and P. Raveendran, "A survey of image quality measures," 2009 International Conference for Technical Postgraduates (TECHPOS), Kuala Lumpur, Malaysia, 2009, pp. 1-4, doi: 10.1109/TECHPOS.2009.5412098.